

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-293234

(43)Date of publication of application : 04.11.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/42

G02B 6/10

G02B 6/34

H01S 3/18

(21)Application number : 10-018257

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 13.01.1998

(72)Inventor : HAMAKAWA ATSUSHI
MOBARA MASAICHI

(30)Priority

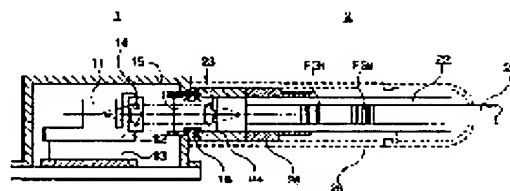
Priority number : 09 53942 Priority date : 21.02.1997 Priority country : JP

(54) SEMICONDUCTOR LASER MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the semiconductor laser module which has its light output oscillation spectrum stabilized and does not vary in output characteristics with external conditions.

SOLUTION: This semiconductor laser module is equipped with a package (1) which contains a semiconductor laser chip (11) for light emission, an optical fiber (21) having an FG diffraction grating structure which reflects only light of specific wavelength in its emitted light, and coupling means (22, 25) which couple them together. This FG diffraction grating structure consists of at least two diffraction gratings (FG1, FG2) which are formed at corresponding positions in the package or coupling means and reflect lights of mutually different wavelengths and in a proper practical style, those diffraction gratings are put one over the other at the same place. Further, they are formed of chirped gratings which continuously vary in cycle of a refractive index.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.06.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3206536

[Date of registration] 06.07.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-293234

(43) 公開日 平成10年(1998)11月4日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42

G 0 2 B 6/42

6/10

6/10

C

6/34

6/34

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-18257

(22) 出願日 平成10年(1998) 1 月13日

(31) 優先権主張番号 特願平9-53942

(32) 優先日 平 9 (1997) 2 月21日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番33号

(72) 発明者 濱川 篤志

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 茂原 政一

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電

気工業株式会社横浜製作所内

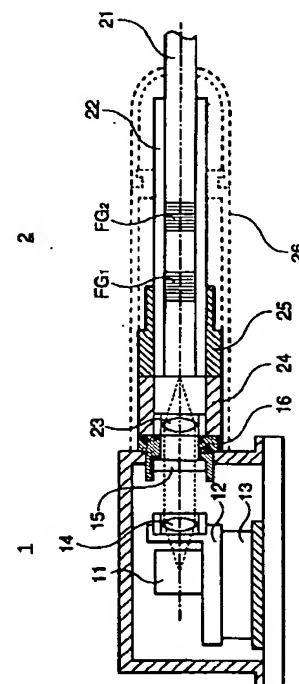
(74) 代理人 弁理士 岡部 恵行 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザモジュール

(57) 【要約】

【課題】 光出力発振スペクトルが安定化され、出力特性が外部条件により変動しない半導体レーザモジュールの提供。

【解決手段】 この発明の半導体レーザモジュールは、光放射用半導体レーザチップ (11) を収納するパッケージ (1)、この放射光の中で所定波長の光のみを反射する F G 回折格子構造を備える光ファイバー (21)、及び両者を結合する結合手段 (22, 25, 28~30) を具備する。この F G 回折格子構造は、パッケージ内もしくは結合手段内に相当する個所に形成され、この発明の第 1 の特徴に従うと、互いに異なる波長の光を反射する少なくとも 2 つの回折格子 (F G₁, F G₂) で構成され、好適な実施態様では、これらの回折格子が同一箇所に重ね書きされる。また、第 2 の特徴に従うと、屈折率の周期が連続的に変化するチャープトグレーティングで構成される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光を出射するための半導体レーザチップ、前記半導体レーザチップを収納するパッケージ、前記半導体レーザチップからの出射光のなかで所定の波長の光のみを反射するための回折格子構造を備えた光ファイバー、及び、前記パッケージとこの光ファイバーを結合する結合手段を具備する半導体レーザモジュールにおいて、前記回折格子構造は、互いに異なる波長の光を反射するための少なくとも 2 つの回折格子から成り、かつ、前記パッケージ内もしくは前記結合手段内に相当する個所に形成されていることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 2】 各々の回折格子の反射率が 1 ～ 6 % の間の値であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 3】 各々の回折格子の反射率の半値幅が 2 ～ 16 nm の間の値であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 4】 光ファイバーの端面に最も近い回折格子の反射波長の中心値が最も短い波長であることを特徴とする請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 5】 前記少なくとも 2 つの回折格子は、前記箇所の同一領域に重ね書きされていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 6】 前記少なくとも 2 つの回折格子の総合反射率が 2 ～ 6 % の間の値であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 の何れか一項に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 7】 光を出射するための半導体レーザチップ、前記半導体レーザチップを収納するパッケージ、前記半導体レーザチップからの出射光のなかで所定の波長の光のみを反射するための回折格子を備えた光ファイバー、及び、前記パッケージと前記光ファイバーを結合する結合手段を具備する半導体レーザモジュールにおいて、前記回折格子は、屈折率の周期が連続的に変化する少なくとも 1 つのチャプトレーティングであり、かつ、前記パッケージ内もしくは前記結合手段内に相当する箇所に形成されていることを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 8】 前記回折格子の反射率が 1 ～ 6 % の間の値であることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 9】 前記回折格子の反射率の半値幅が 2 ～ 16 nm の間の値であることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 10】 前記回折格子は、光ファイバーの端面に近い側の格子幅が最も短いチャプトレーティングで

あることを特徴とする請求項 6 ～ 8 の何れか一項に記載の半導体レーザモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、半導体レーザモジュール、より詳細には、回折格子を光ファイバーに組み込んでファイバークレーティング (FG: Fiber Grating, 或いは、embedded Fiber Grating reflector) 構造を形成した半導体レーザモジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、半導体レーザモジュールにおいては、レーザダイオード (LD: Laser Diode) から励起されるレーザ光を受ける光ファイバーに、回折格子を組み込んでファイバークレーティング (Fiber grating 或いは embedded Fiber Grating reflector: 以下、単に「FG」と略称することがある。) 構造を形成する方法がしばしば採用される。ファイバークレーティングによると、モジュールから送出される励起レーザ光の波長 (例えば、0.98 μ m 帯) の安定化を図ることができ、また、この波長を制御することもできる [例えば、ELECTRONIC LETTERS Vol. 30 No. 25 (1994. 12. 8), p. 2147-2149、LEOS Conf. Digest, New Semiconductor Laser Devices and Applications (1990)] ので、この種の半導体レーザモジュールは光ファイバー通信などによく利用されている。例えば、単一のファイバークレーティングを組み込んだ半導体レーザモジュールでは、レーザチップからつまり光ファイバー端面から 10cm ～ 数 m 離れた個所に等幅のファイバークレーティング (FG) を形成したものが知られている。

【0003】 このファイバークレーティング (FG) がパッケージの外部に存在する場合には、レーザダイオード (LD) とファイバークレーティング (FG) との間の光ファイバーが曲げや振じり (ひねり) といった応力を受けることがある。このような光ファイバーの応力状態に起因して、レーザダイオードとファイバークレーティングの間で形成される共振器内では光の偏光状態が容易に変わるので、ファイバークレーティングは、出力が変動し簡単にその特性を変えてしまう。

【0004】 これに対して、ファイバークレーティングを組み込んだ発光モジュールの場合には、光ファイバーにこのような外乱が及ばないように、フェルール (Ferrule) と呼ばれる筒状構造体の中に光ファイバーを挿通し、フェルール内の光ファイバーに回折格子を組み込むことが考えられる。

【0005】 しかしながら、フェルールなどの構造体に FG 回折格子を組み込むと、レーザダイオードチップ (厳密には、その出射面) と回折格子との間の距離が短くなるので、FG 回折格子が一本の場合には、光出力発振スペクトルが不安定になる。つまり、レーザ光の干渉性 (Coherency コヒーレンシー) が良好な個所において、

10

20

30

40

50

回折格子による反射が起きてしまう。従って、モード変化、熱等の周囲環境の微妙な変化に対し、系全体の特性が簡単に変化してしまうことになり、或いは、このような変化が容易に系の特性に反映されてしまうことになる。

【0006】それ故、ファイバグレーティング構造をフェルルに組込むことは、容易に実現することができなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、この発明の主たる目的は、半導体レーザチップと回折格子との間の距離が短くすることができると共に、光出力発振スペクトルが安定化され、しかも、出力特性が外部条件により変動しない半導体レーザモジュールを提供することにある。

【0008】この発明の他の目的は、また、安定化された出力特性が得られ、光路方向の寸法をより短くすることができるコンパクトな構造の半導体レーザモジュールを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述した課題は、この発明の第1の特徴に従って、光を出射するための半導体レーザチップ、半導体レーザチップを収納するパッケージ、半導体レーザチップからの出射光のなかで所定の波長の光のみを反射するための回折格子構造を備えた光ファイバー、及び、パッケージとこの光ファイバーを結合する結合手段を具備する半導体レーザモジュールにおいて、回折格子構造を、互いに異なる波長の光を反射するための少なくとも2つの回折格子で構成し、かつ、パッケージ内もしくは結合手段内に相当する個所に形成することによって達成することができる。

【0010】また、上述した課題は、この発明の第2の特徴に従って、光を出射するための半導体レーザチップ、半導体レーザチップを収納するパッケージ、半導体レーザチップからの出射光のなかで所定の波長の光のみを反射するための回折格子を備えた光ファイバー、及び、パッケージとこの光ファイバーを結合する結合手段を具備する半導体レーザモジュールにおいて、回折格子を、屈折率の周期が連続的に変化する少なくとも1つのチャープグレーティング(chirped grating、「チャープ格子」ともいう。)とし、かつ、パッケージ内もしくは結合手段内に相当する箇所に形成することによって達成することができる。

【0011】この発明は、このように、光を出射するための半導体レーザチップを収納するパッケージ、半導体レーザチップからの出射光の中で所定の波長の光のみを反射するファイバグレーティング(FG)を備える光ファイバー、及び、パッケージと光ファイバーを結合する結合手段を具備する半導体レーザモジュールにおいて、FGがパッケージ内もしくは結合手段内に相当する

個所に形成されている。また、このFGの構成は、この発明の第1の特徴に従って、互いに異なる波長の光を反射する少なくとも2つの回折格子とされ、また、第2の特徴に従って、屈折率の周期が連続的に変化するチャープグレーティングとされる。

【0012】従って、この発明によると、ファイバグレーティング(FG)がパッケージ内もしくは結合手段内に相当する個所に形成されていることによって、半導体レーザチップ(LD)とFGとの間の光ファイバー内に形成される共振器は、外乱により曲げや振じり(ひねり)といった影響を受けることがなく所望の偏光状態が得られ、出力特性が変動することがない。

【0013】しかも、この発明の第1の特徴によると、FGは互いに異なる波長の光を反射する少なくとも2つの回折格子で構成されるので、レーザ光のコヒーレンシーを有効に低下させることができる。従って、LDとFGとの間の距離を短くしても、安定化された光出力発振スペクトルが得られ、モード変化、熱等の周囲環境の微妙な変化に拘わらず全体の特性が変化しないようにすることができる。

【0014】また、これら少なくとも2つの回折格子は、光ファイバーの同一領域に重ね書きを行うことにより、好適に実施することができる。つまり、光ファイバーの同一箇所に異なる波長の複数のFGを重ねて形成することによって、さらにFG作製領域を小さくし、しかも出力特性のキックをなくすることができる。

【0015】また、この発明の第2の特徴によると、FGは屈折率の周期が連続的に変化するチャープグレーティングで構成されるので、これ又、レーザ光のコヒーレンシーを有効に低下させることができる。ここで、チャープグレーティングは、周知のように、各格子間隔が連続的に単調に変化するものである。従って、この構成によっても、同様に、LDとFGとの間の距離を短くしても、安定化された光出力発振スペクトルが得られ、モード変化、熱等の周囲環境の微妙な変化に拘わらず全体の特性が変化しないようにすることができる。

【0016】この発明の他の特徴及び利点は、添付した図面を用いた実施例についてなされる以下の説明からより明瞭に理解することができるが、この発明の範囲は、これらの説明によって何ら限定されず、特許請求の範囲の規定のみによって限定される。

【0017】

【発明の実施の形態】図1には、この発明の一実施例による半導体レーザモジュールが概略的な縦断面図で示されている。この半導体レーザモジュールは、主として、LDパッケージ1及びFGコネクタ2から成っている。LDパッケージ1には励起用レーザダイオードのような半導体レーザチップ11が収納され、この半導体レーザチップ11は、チップキャリア12上に載置されており、図示しない電気的な駆動回路により駆動されると、

これに応じて光を放射することができる。そして、半導体レーザチップ11のレーザ出射光側の端面の反射率は、後述する理由から、2%以下にするのが望ましい。

【0018】また、チップキャリア12は、例えば、冷却手段13を介してLDパッケージ1の底部ベッドに固定される。この冷却手段13は、例えば、ペルチェ効果素子のような放熱要素で構成されており、駆動中レーザチップ11に対して適切な放熱機能を与える。

【0019】LDパッケージ1内には、必要に応じて、さらに、「コリメートレンズ」と呼ばれる第1レンズ14が設けられる。この第1レンズ14は、半導体レーザチップ11のレーザ出射光側に光軸を合わせてチップキャリア12上に支持されており、このレンズに対向する開口に、ハーメチックガラス15を有する結合スリーブ16が嵌め込まれる。従って、レーザチップ11から出射される光は、このハーメチックガラス15を介して、FGコネクタ2側に導かれる。

【0020】一方、FGコネクタ2は、主として、光ファイバー21及びフェルル22で構成され、この光ファイバー21には、回折格子が組込まれてそれぞれ所謂「ファイバグレーティング(FG)」構造が形成される。このファイバグレーティング構造は、物理的な加工によるものやX線照射により所望の屈折率変化を得るものなど、適当な方法で形成することができ、この発明の第1の特徴に従うと、後述するように、互いに異なる波長の光を反射する機能を有する少なくとも2つの回折格子FG₁、FG₂より成っている。

【0021】光ファイバー21と第1レンズ14との間の光学的な経路には、集光用の第2レンズ23などの所要の光学的要素を配置し、光ファイバー21内の回折格子FG₂より出力側にはアイソレータ(図示せず)を配置することができる。これらの光学的要素は、必要に応じて、その全部又は一部をLDパッケージ1又はFGコネクタ2内に設けることができる。図1に示された例では、第2レンズ23が、半導体レーザチップ11からのレーザ出射光の光軸に合わせて、支持部24内に設けられている。

【0022】光ファイバー21はフェルル22の内部に挿通され、フェルル22はフェルルホルダ25を介してLDパッケージ1に固定される。このフェルルホルダ25は、例えば、図示のように、光学系支持部24と共に適当な接合手段によって結合スリーブ16に固着される。このフェルル22の主たる機能は、光ファイバー21をLDパッケージ1に光学的に結合するようにこれを支持する結合手段、並びに、この光ファイバー21に外乱的に応力が与えられないように保護する保護手段を提供することである。

【0023】また、FGコネクタ2は、破線で示されるコネクタカバー26によって全体が支持され且つ保護される。なお、FGコネクタ2は、図2に例示されるよう

に、必要に応じて構造を変更することができる。この図の例では、一体化したコネクタスリーブ28でフェルル22を支持することにより、コネクタ構造がより簡単化される。

【0024】図2には、また、第1及び第2レンズ14、23の双方に代えて、或いは、第2レンズに代えて、光ファイバー21の先端をレンズ加工して「先球ファイバー」と呼ばれる光学レンズ部27を形成させている。このような光学レンズ部27を用いることによって、後述するファイバグレーティングの特徴と相まって、総合効率を向上させるのでレーザ光出力を増加させることができる。また、これによって、モジュール全体の光路方向寸法を小さくすることもできる。

【0025】さて、この発明の第1の特徴に従うと、光ファイバー21には、前述したように、ファイバグレーティング(FG)構造として少なくとも2つの回折格子FG₁、FG₂が備えられる。これらの回折格子FG₁、FG₂は、互いに異なる波長 λ_1 、 λ_2 の光を反射する機能を有し、図1に簡略化して示されるように、それぞれ等しい幅をもつ等幅グレーティングになっている。従って、レーザ光のコヒーレンシーを有効に低下させることができる。

【0026】なお、このように互いに異なる波長 λ_1 、 λ_2 の回折格子FG₁、FG₂は、後述するように、光ファイバーの同一領域に重ね書きにより実施することによっても、レーザ光のコヒーレンシーを有効に低下させることができる。

【0027】それ故、この発明によれば、例えば、半導体レーザチップ(LD)11とファイバグレーティングFG₁、FG₂との間の距離が、例えば2cmというような短い値であっても、I-L特性(LDに流す電流Iに対してLDから出射される光強度Lの特性)をキックのないものにすることができる。そして、安定化された光出力発振スペクトルが得られ、モード変化、熱等の周囲環境の微妙な変化に拘わらず全体の特性が変化しないようにすることができる。

【0028】図3には、FG構造として採用される回折格子の特性を説明するためのFG反射スペクトル〔反射率(R)-波長(λ)特性〕が示されている。この発明の第1の特徴に従って光ファイバー21の入射端面に近い方から2つ回折格子FG₁、FG₂が順次作製される場合においては、各回折格子FG₁、FG₂の反射率R₁、R₂、波長 λ_1 、 λ_2 、及び、線幅 $\Delta\lambda_1$ 、 $\Delta\lambda_2$ は、次の関係になるように選ばれるのが好ましい：

$\lambda_1 < \lambda_2$ 、
 $R_1, R_2 \leq 6\%$ 、
 好ましくは、
 $2\% \leq R_1, R_2 \leq 6\%$ 、
 $\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2 \geq 2\text{nm}$ 、
 好ましくは、

$2\text{ nm} \leq \Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2 \leq 16\text{ nm}$ 、

そして、

$|\lambda_1 - \lambda_2| \leq 10\text{ nm}$ 。

【0029】各回折格子FG₁、FG₂の反射率R₁、R₂を6%以下に選択することによって、これより大きな反射率とした場合に比べてキンクのないものにすることができ、さらにこの反射率R₁、R₂を2%以上までに選択することによって、反射率がこれより小さ過ぎる場合に比べて、ブラッグ波長での発振が得られる。なお、このブラッグ波長については、よく知られているように、回折格子に光を入射させると回折格子周期の整数倍の波長のみが選択的に反射されるが、そのときの光の波長が「ブラッグ波長」と呼ばれている。

【0030】また、各回折格子FG₁、FG₂の反射率R₁、R₂の下限值については、図3に二点鎖線で示すように、それぞれ1%以上になるように選び、これらの反射率R₁、R₂を合算した総合反射率Rの値を2~6%とした場合にも、ブラッグ波長での好適な発振を得ることができる。つまり、

$1\% \leq R_1, R_2 \leq 6\%$ 、

或いは、

$2\% \leq R \leq 6\%$

は、これらの回折格子の反射率に関する好ましい値である。

【0031】各回折格子FG₁、FG₂の線幅 $\Delta\lambda_1$ 、 $\Delta\lambda_2$ を2nm以上に選択することによって、これより狭い線幅とした場合に比べて、キンクのないものにすることができ、さらにこの線幅 $\Delta\lambda_1$ 、 $\Delta\lambda_2$ を16nm以下までに選択することによって、例えば、10nm程度以下というEDF〔Erbium-Doped Fiber: Er（エルビウム）添加ファイバー〕の励起に効果的な発振スペクトル幅が得られる。

【0032】光ファイバー21の入射光端面により近い側の回折格子FG₁の波長 λ_1 を、より遠い側の回折格子FG₂の波長 λ_2 より小さくすることによって、半導体レーザチップ（LD）11から遠い方の回折格子FG₂に入射する光の波長が、LD11に近い方の回折格子FG₁のクラッドモードへのロスの影響を受けないようにすることができる。

【0033】各回折格子FG₁、FG₂の波長 λ_1 、 λ_2 間の波長差絶対値 $|\lambda_1 - \lambda_2|$ を10nm以下とすることによって、発振スペクトル幅を10nm以下の所望値範囲にすることができる。

【0034】また、既に例示したように半導体レーザチップ（LD）11の出射端面の反射率を2%以下とすることによって、ファイバグレーティングのブラッグ波長での発振を得ることができる。つまり、このLD反射率が2%より大きい場合には、半導体レーザチップ（LD）11のファブリペローモード（Fabri-Perot mode）での発振が生じやすくなるのである。

【0035】図4には、一例として、この発明に従って、波長 $\lambda_1 = 1479\text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 1481\text{ nm}$ 、反射率 $R_1 = R_2 = 3\%$ 、線幅 $\Delta\lambda_1 = \Delta\lambda_2 = 3\text{ nm}$ としたときに実測された特性が示されている。つまり、LD11に流す電流Iに対して図4のような特性の光出力P及びスロープ効率Sが得られ、I-L特性をキンクのないものにすることができ、安定した光出力発振スペクトルが得られる。なお、スロープ効率Sについては、よく知られているように、I-L特性において、光強度LはLD電流に対して発光閾値電流I_{th}から所定の傾きで立上がるが、この傾き $\Delta L / \Delta I$ が「スロープ効率」と呼ばれている。

【0036】これに対して、同じモジュール構造において、従来技術に従って、光ファイバーに波長 $\lambda = 1480\text{ nm}$ 、反射率 $R = 3\%$ 、線幅 $\Delta\lambda = 3\text{ nm}$ の回折格子を1つだけ形成した場合には、図5のような特性になり、光出力発振スペクトルは不安定である。

【0037】両図に示された特性を対比して明らかなように、光ファイバー21に2つの回折格子FG₁、FG₂が備えられる場合（図4）には、回折格子を1つだけ備える場合（図5）と比較して、I-L特性をキンクのないものにすることができ、安定した光出力発振スペクトルが得られる。

【0038】また、FG構造としては、必要に応じて、光ファイバー21の入射端面に近い方から3つ以上の回折格子FG₁、FG₂、FG₃、…を順次作製することができ、この場合には、2つの回折格子FG₁、FG₂の場合に行った説明と同様の理由で、次の関係になるように選ばれるのが好ましい：

$\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3 < \dots$ 、

$R_1, R_2, R_3, \dots \leq 6\%$ 、

好ましくは、

$2\% \leq R_1, R_2, R_3, \dots \leq 6\%$ 、

$\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \Delta\lambda_3, \dots \geq 2\text{ nm}$ 、

好ましくは、

$2\text{ nm} \leq \Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \Delta\lambda_3, \dots \leq 16\text{ nm}$ 、

そして、

$|\lambda_1 - \lambda_2|, |\lambda_1 - \lambda_3|, |\lambda_2 - \lambda_3|, \dots \leq 10\text{ nm}$ 。

【0039】なお、この場合も、各回折格子FG₁、FG₂、FG₃、…の反射率R₁、R₂、R₃、…の下限值については、それぞれ1%以上になるように選び、これらの反射率R₁、R₂を合算した総合反射率Rを1~6%とした場合にも、ブラッグ波長での発振を得ることができる。つまり、

$1\% \leq R_1, R_2, R_3, \dots \leq 6\%$ 、

或いは、

$2\% \leq R \leq 6\%$

は、これらの回折格子の反射率に関する好ましい値となる。

【0040】さらに、光ファイバーの所定箇所に形成される複数の回折格子は、同一領域に重ね書きを行うことにより、好適に実施することができる。図6には、2つの回折格子 FG_1 、 FG_2 を同一領域に重ね書きした場合の例が、概略的に示されており、一方の回折格子 FG_1 が実線で示され、他方の回折格子 FG_2 は破線で示される。これらの回折格子 FG_1 、 FG_2 の各定数は、図3に関して説明したのと同様の関係になるように選定される。また、図示していないが、3以上の回折格子を同様に重ね書きすることができ、この場合も、各回折格子の定数は既述したのと同様に選定される。

【0041】このように、光ファイバーの同一箇所に少なくとも2つの回折格子 (FG_1 、 FG_2) を形成することによって、さらに、FG作製領域を小さくすることができ、しかも、出力特性をキंकのないものにすることができる。そして、この場合も、前述したのと同様に、各回折格子 (FG_1 、 FG_2 、...) の反射率

(R_1 、 R_2 、...) をそれぞれ1~6%の値になるように選び、これらの反射率を合算した総合反射率 R を2~6%とすることが好ましい。

【0042】図7には、この発明の他の実施例による半導体レーザモジュールの要部が概略的な縦断面図で示されている。このモジュールは、LDパッケージ1の構造に図1と格別相違するところがなく、例えば、半導体レーザチップ11のレーザ出射光側の端面の反射率は、同様に、2%以下にするのが望ましい。一方、FGコネクタ2は、外観的な相違として、フェルル22がコネクタスリーブ29によって支持され保護されるようになっている。しかしながら、図1の半導体レーザモジュールと光学的又は基本的に相違する唯一の点は、FGコネクタ2の光ファイバー21には、この発明の第2の特徴に従って、ファイバグレーティング (FG) 構造として、屈折率の周期が連続的に変化する少なくとも1つのチャプトレーティングFGcが備えられているということである。ここで、チャプトレーティングFGcは、周知のように、各格子間隔が連続的に単調に変化するものである。

【0043】このチャプトレーティングFGcの回折格子幅は、光ファイバー21の入射光側端面に近い側が狭く、レーザ光の進行方向に沿って順次広がっており、概略的には、図8に示されるようなFG反射スペクトル特性を呈する。従って、レーザ光のコヒーレンシーを有効に低下させることができる。それ故、例えば、レーザダイオード (LD) 11とチャプトレーティングFGcとの間の距離が短い値であっても、安定化された光出力発振スペクトルが得られ、モード変化、熱等の周囲環境の微妙な変化に拘わらず全体の特性が変化しないようにすることができる。

【0044】この発明の第2の特徴に従って屈折率の周期が連続的に変化するチャプトレーティングFGc

が設けられる場合においては、この回折格子FGcの反射率 R_c 、中心波長 λ_c 及び線幅 $\Delta \lambda_c$ は、図2に関して少なくとも2つの回折格子 FG_1 、 FG_2 、... について行った説明と同様の理由で、次の関係になるように選ばれるのが好ましい：

$R_c \leq 6\%$ 、

好ましくは、

$2\% \leq R_c \leq 6\%$ 、

そして、

10 $\Delta \lambda_c \geq 2 \text{ nm}$ 、

好ましくは、

$2 \text{ nm} \leq \Delta \lambda_c \leq 16 \text{ nm}$ 。

【0045】なお、このようなチャプトレーティングFGcを2つ以上作製する場合の回折格子 FG_{c1} 、 FG_{c2} 、... 間の相互波長関係は、図2に関して行った各例と同様に選ばれる。

【0046】なお、チャプトレーティングFGcを作製する場合においても、この回折格子FGcは、図8に二点鎖線で示すように反射率 R_c の下限値を1%とし、

$1\% \leq R_c \leq 6\%$

とするのが、ブラッグ波長での発振を得るために好適となる。

【0047】この発明の半導体レーザモジュールは、既述した図1、2、6の例に示されるように、その思想の範囲内で種々に構造や形状を変更することができ、さらに、図9に示されるように変形してもよい。この図の半導体レーザモジュールでは、LDパッケージ1のケーシング17が延長され、この延長された部分に、ファイバーホルダ22で支持される光ファイバー21が入り込みLDパッケージ1内に配置されている。ファイバーホルダ22は、コネクタスリーブ30により固定され、ケーシング17及び内壁18に安定して固定される。従って、この例によれば、光ファイバー21を種々の物理的外乱から強固に保護し、さらに安定した特性が得られ、また、全体をコンパクトに纏めることができる。

【0048】

【発明の有利な効果】以上説明したように、この発明によると、光ファイバーのパッケージ内又は結合手段内に相当する箇所に、パッケージに収納された半導体レーザチップからの出射光の中で所定波長の光のみを反射するファイバグレーティング (FG) を設け、しかも、このFGは、互いに異なる波長の光を反射する少なくとも2つの回折格子 (FG_1 、 FG_2)、或いは、屈折率の周期が連続的に変化するチャプトレーティング (FGc) で構成されるので、光路方向寸法を短くすることができ、それにも拘わらず、光出力発振スペクトルが安定化され、出力特性が外部条件により変動しない半導体レーザモジュールが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の一実施例による半導体レーザモジュールを概略的に示す縦断面図。

【図 2】変形されたこの発明の半導体レーザモジュールの一部を概略的に示す縦断面図。

【図 3】回折格子の F G 反射スペクトル特性を示す図。

【図 4】この発明の一実施例による半導体レーザモジュールの特性例を示す図。

【図 5】従来技術による場合の特性例を示す図。

【図 6】この発明の一実施例において F G 形成の他の態様を概略的に示す要部拡大縦断面図。

【図 7】この発明の他の実施例による半導体レーザモジュールの要部を概略的に示す縦断面図。

【図 8】別の回折格子の F G 反射スペクトル特性を示す図。

【図 9】さらに変形されたこの発明の半導体レーザモジュールを概略的に示す縦断面図。

【符号の説明】

1 LD パッケージ、

11 励起用半導体レーザチップ、

* 12 キャリア、

13 冷却手段、

14 第 1 レンズ、

15 ハーメチックガラス、

16 結合スリーブ、

17 ケーシング、

18 内壁、

2 FG コネクタ、

21 光ファイバー、

10 22 フェルール、

23 第 2 レンズ、

24 光学系支持部、

25 フェルールホルダ、

26 コネクタカバー、

27 光学的レンズ部、

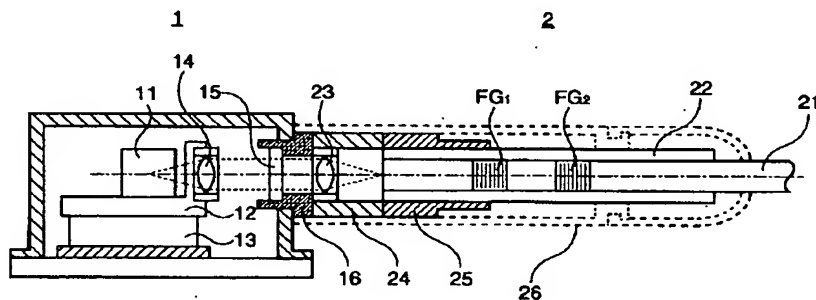
28, 29 コネクタスリーブ、

30 ファイバー支持部、

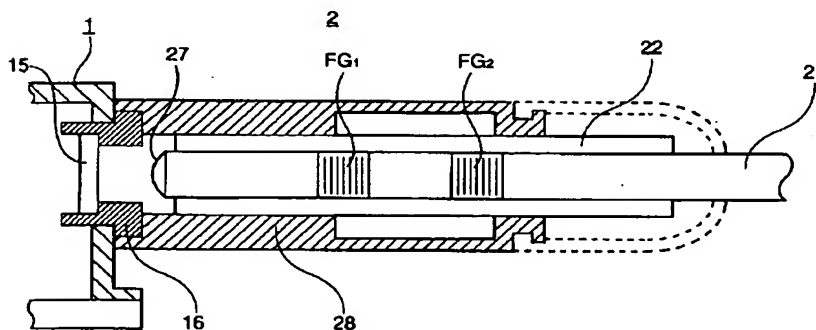
FG₁, FG₂ 回折格子 (等幅なグレーティング)、

* FG_c 回折格子 (チャープドグレーティング)。

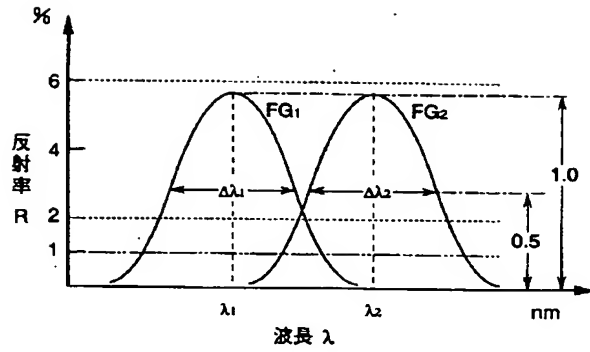
【図 1】



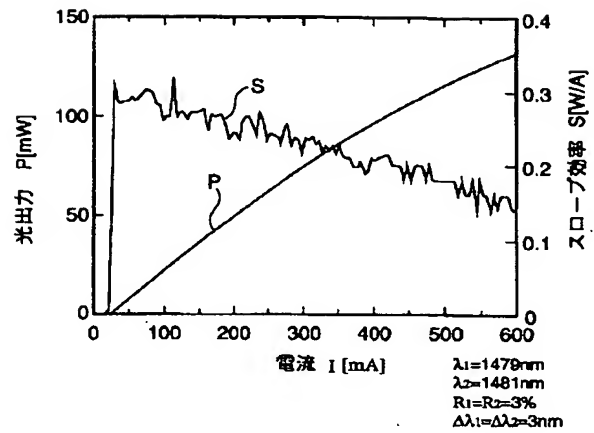
【図 2】



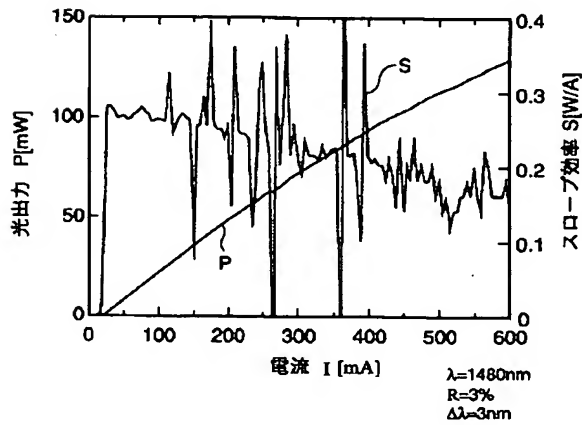
【図3】



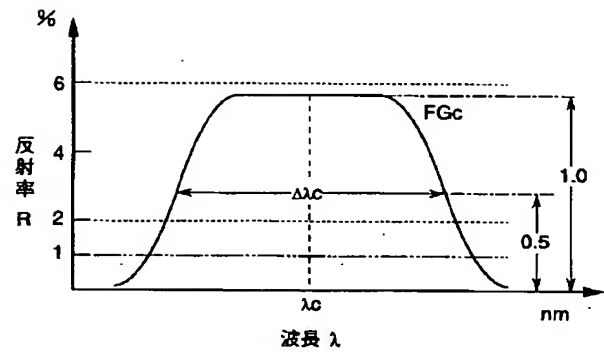
【図4】



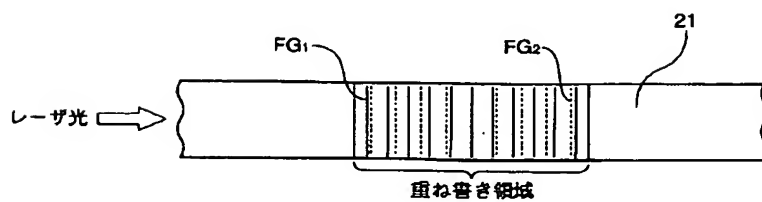
【図5】



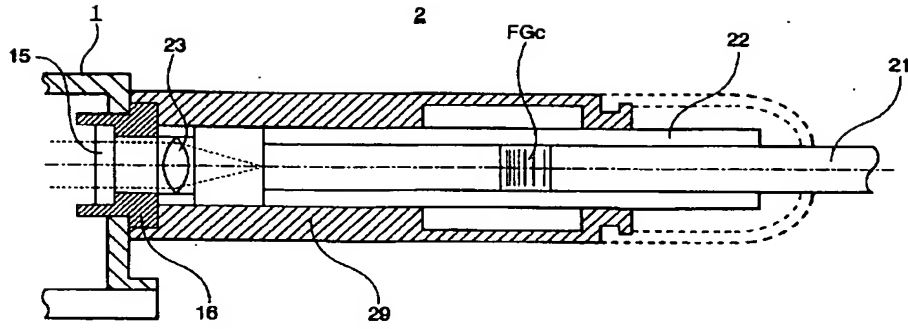
【図8】



【図6】



【図7】



【図9】

